

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

ALEX BORGHETTI

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE ALTIMÉTRICA DE DADOS SRTM PARA
APLICAÇÃO NO TRAÇADO DE REDES DE ESGOTO SANITÁRIO: UM
ESTUDO DE CASO**

CURITIBA

2010

ALEX BORGHETTI

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE ALTIMÉTRICA DE DADOS SRTM PARA
APLICAÇÃO NO TRAÇADO DE REDES DE ESGOTO SANITÁRIO: UM
ESTUDO DE CASO**

Monografia apresentada como requisito parcial
à obtenção do título de Especialista no Curso
de Especialização em Geoprocessamento,
Departamento de Arquitetura e Urbanismo
Setor de Tecnologia, Universidade Federal
do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Aurélio Nadal.

CURITIBA

2010

A todos que me apoiaram na
decisão de iniciar e finalizar
esta especialização.

AGRADECIMENTOS

À minha família, que nunca deixou de acreditar que a realização deste trabalho seria possível.

À Camila, pelo afeto, paciência e estímulo nas horas de estudo e pesquisa.

Ao meu orientador, Professor Nadal, pelo auxílio e ajuda na finalização desta especialização.

Ao Cieg pela oportunidade oferecida para um crescimento pessoal e profissional.

Ao amigo Orlei, pelo apoio para realização deste trabalho.

Ao Tuco, pelos momentos de distração.

A Prefeitura Municipal de Cascavel, pela colaboração para o desenvolvimento deste estudo.

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	1
1.1	Objetivo Geral.....	2
1.2	Objetivo Específico	2
2.	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	3
2.1	A Situação Ambiental	3
2.2	Sistema de Esgotamento Sanitário	4
2.3	Dados SRTM	8
2.4	Software Global Mapper	10
2.5	Métodos de Interpolação	11
2.6	Geoprocessamento	13
2.6.1	Tipos de dados	14
2.6.2	Sensoriamento remoto	15
3.	MATERIAL E MÉTODOS	16
3.1	Localização da Área de Estudo	16
3.2	Etapas do Estudo	17
3.2.1	Aquisição e manipulação da base cartográfica	17
3.2.2	Aquisição e manipulação dos dados SRTM	19
3.2.3	Cruzamento e análise das informações.....	24
4.	CONCLUSÕES	30
5.	REFERÊNCIAS	31

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 01 -	Esquema do sistema de aquisição de dados SRTM.....	9
Figura 02 -	Pontos de amostragem (1 a 7) e ponto de estimativa ("X").....	11
Figura 03 -	Localização do bairro Centro de Cascavel-PR..	16
Figura 04 -	Detalhe das redes existentes no bairro Centro de Cascavel.	18
Figura 05 -	Ruas com rede de esgoto do bairro Centro de Cascavel.	19
Figura 06 -	Imagem SRTM (versão 4) no Global Mapper em WGS84.....	20
Figura 07 -	Imagem SRTM em SAD69, com destaque da área de estudo. ..	21
Figura 08 -	Opções de re-amostragem do software Global Mapper v11.02..	22
Figura 09 -	Curvas de nível geradas do perímetro urbano de Cascavel.	23
Figura 10 -	Sobreposição do relevo (bilinear) e da base cartográfica.	24
Figura 11 -	Visualização das três situações avaliadas no estudo.	26
Figura 12 -	Critério utilizado para confrontação das informações.	26
Figura 13 -	Resultado da análise da re-amostragem bilinear.....	27
Figura 14 -	Resultado da análise da re-amostragem bicúbica.	28
Figura 15 -	Resultado da análise da re-amostragem vizinho mais próximo..	28

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 - Coleta de esgoto sanitário nos municípios brasileiros.	5
--	---

LISTA DE ABREVEATURAS

ASCII - American Standard Code for Information Interchange
ASI - Agenzia Spaziale Italiana
CAD - Computer Aided Draw
CGIAR - Consultative Group for International Agricultural Research
CIAT - International Centre for Tropical Agriculture
CSI - Consortium for Spatial Information
DEM - Digital Elevation Models
NGA - National Geospatial Intelligence Agency
DLR - Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt
DXF - Drawing Interchange Files
IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
InSAR - Interferometric Synthetic Aperture Radar
NASA - National Aeronautics and Space Administration
PV - Poço de visita
SAD-69 - South American Datum 1969
SAR - Synthetic Aperture Radar
SEPLAN - Secretaria de municipal de Planejamento (Cascavel-PR)
SR - Sensoriamento Remoto
SRTM - Shuttle Radar Topographic Mission
SIG - Sistema de Informações Geográficas
TIFF - Tagged Image File Format
UTM - Universal Transverse Mercator
WGS-84 - World Geodetic System 1984

RESUMO

Este trabalho teve o objetivo de verificar a qualidade altimétrica dos dados da missão SRTM para utilização em projeto básico de redes de esgotamentos sanitário. A área de estudo foi o bairro centro da cidade de Cascavel-PR, onde foram comparadas as informações existentes das redes de esgoto e o trajeto obtido por meio das curvas de nível obtidas pela imagem SRTM geradas pelo software Global Mapper. Foram avaliadas neste estudo de caso três situações de interpolação: bilinear, bicubica e vizinho mais próximo. As três situações apresentaram resultados satisfatórios, sendo a melhor situação representada pelo interpolador bilinear e a pior situação pelo interpolador vizinho mais próximo.

Palavras-chave: SRTM, Re-amostragem, Redes de esgoto.

ABSTRACT

The aiming of this study was to determine the altimetry quality of the SRTM mission data for utilization in basic design of sewage systems. The study area was the downtown district of Cascavel - PR. The available sewage systems and the path by level curves acquired by the SRTM images generates by Global Mapper software were compared. It was assessed three different interpolation: bilinear, bicubic and the nearest neighbor. It was demonstrated satisfactory results in every interpolation, whereas the best situation was the bilinear and the worst was the nearest neighbor.

Key words: SRTM, Re-sampling, sewage systems.

1. INTRODUÇÃO

Os temas relacionados à preservação do meio ambiente estão cada vez mais em evidência.

Vários aspectos relacionados a este assunto são amplamente discutidos para buscar uma forma de compatibilizar o crescimento econômico com os cuidados ambientais.

Uma das principais discussões faz referencia a qualidade da água, tanto relacionada ao abastecimento da população, como da manutenção da pureza dos recursos hídricos.

Considerando o aspecto da preservação dos recursos hídricos, é possível identificar que uma das fontes poluidoras e ou contaminadoras (notar que poluição e contaminação são coisas diferentes nem toda a poluição gera contaminação) é o despejo de esgoto sanitário diretamente nos rios ou até mesmo a contaminação das águas subterrâneas através da infiltração destes dejetos.

Uma forma de melhorar esta situação seria a implantação de um sistema de coleta, tratamento e destinação do esgoto sanitário nas cidades.

Com o sistema de esgoto implantado, não só a poluição dos recursos hídricos será evitada, mas também haverá melhora da qualidade de vida da população, uma vez que, um grande foco de doenças seria eliminado.

Para implantação deste sistema de coleta e tratamento é necessário um estudo para verificar as particularidades de cada cidade, isso porque, neste tipo de projeto, as características do terreno são determinantes para a configuração do sistema como um todo.

Neste sentido, estabeleceu-se como objetivo para este trabalho fazer uma avaliação da qualidade dos dados de altimetria do terreno, especialmente relacionados a declividade, dos dados SRTM, obtidos a partir de altimetria por radar, disponibilizados pela CGIAR-CSI (<http://srtm.csi.cgiar.org>, acesso em: 08/06/2010) para aplicação no traçado preliminar de redes de coleta, redes de distribuição e de destinação de esgotamento sanitário.

Buscado subsídios para minimizar os custos do projeto básico para implantação destes sistemas, com estudo de caso na cidade de Cascavel, Estado do Paraná.

1.1 Objetivo Geral

- Verificar a qualidade altimétrica dos dados SRTM para aplicação em projeto básico de redes de esgotamento sanitário.

1.2 Objetivo Específico

- Utilizar o software Global Mapper v11.02 para gerar curvas de nível tendo como base uma imagem SRTM (DEM);
- Realizar a re-amostragem dos dados SRTM utilizando três métodos de interpolação gerando curvas de nível para vetorização desta informação;
- Confrontar as três simulações do relevo do bairro Centro, produzidas pelas curvas de nível diferenciadas, com o sentido do fluxo das redes de esgoto existente;
- Verificar qual método de interpolação, a partir de um conjunto de métodos testados, é mais adequado para aplicação no traçado de redes de esgoto;
- Concluir se os dados SRTM (versão 4) possuem acurácia para serem empregados em projeto básico de engenharia de traçado de redes de esgoto.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 A Situação Ambiental

A gestão adequada dos recursos hídricos vem assumindo grande importância, especialmente em virtude dos problemas gerados pela degradação das águas em áreas de forte concentração urbano-industrial (NAPOLEÃO, 2003).

Para SPERLING (1996), a qualidade da água é resultante de fenômenos naturais e da atuação do homem. De maneira geral, pode-se dizer que a qualidade de uma determinada água é função do uso e da ocupação do solo na bacia hidrográfica. Tal se deve aos seguintes fatores:

- Condições naturais: mesmo com a bacia hidrográfica preservada nas suas condições naturais, a qualidade das águas subterrâneas é afetada pelo escoamento superficial e pela infiltração no solo, resultante da precipitação atmosférica.

- Interferência do homem: a interferência do homem, tanto de uma forma concentrada como na geração de dejetos domésticos ou industriais, tanto de uma forma dispersa; a aplicação de defensivos agrícolas no solo; contribui na introdução de compostos na água, afetando a sua qualidade. Portanto, a forma em que o homem usa e ocupa o solo tem uma implicação direta na qualidade da água.

O crescimento populacional das cidades tende a agravar o problema ambiental, relacionado à contaminação dos recursos hídricos, uma vez que há uma relação direta entre o aumento populacional e o aumento no volume de esgoto gerado. O tratamento desta fonte poluidora é uma medida necessária. O objetivo é manter a qualidade da água dos corpos receptores, permitindo os diversos usos desta água sem risco a saúde da população (NUVOLARI, et. al. 2003).

Para NUVOLARI, et. al. (2003), as principais finalidades, na implantação de sistema de esgoto sanitário numa cidade, relacionam-se a três aspectos: higiênico, social e econômico.

Do ponto de vista higiênico, o objetivo é a preservação, o controle e a erradicação das muitas doenças de veiculação hídrica. Neste sentido, o sistema promove o tratamento do efluente que é lançado nos corpos receptores naturais, de maneira rápida e segura.

Sob o aspecto social, o objetivo visa melhoria da qualidade de vida da população, pela eliminação de odores desagradáveis, repugnantes e que prejudicam o aspecto visual, a estética, bem como a recuperação das coleções de água naturais e de suas margens para prática recreativa, esporte e lazer.

Do ponto de vista econômico, o objetivo envolve questões como o aumento da produtividade geral dos trabalhadores.

Ainda segundo o autor, também as questões ecológicas relativas à fauna e à flora terrestre ou aquática refletem-se na economia de um modo geral, pela preservação dos recursos hídricos e das terras marginais a jusante, para sua plena utilização no desenvolvimento humano, considerados aí todos os usos econômicos da água: abastecimento, irrigação, geração de energia, navegação, dessedentação de rebanhos, esportes, lazer e outros – todos eles inviabilizados pelo lançamento indiscriminado do esgoto sanitário nas águas ou no próprio solo.

2.2 Sistema de Esgotamento Sanitário

O esgoto sanitário pode ser definido como: despejo líquido constituído de esgotos doméstico e industrial, água de infiltração e a contribuição pluvial parasitária (ABNT, 1986).

O Brasil, com população total de cerca de 160 milhões de habitantes apresenta um imenso deficit de atendimento no que se refere ao esgotamento sanitário. Estima-se que, já ao final do século 20, pouco mais de 30% da população seja atendida por sistema de coleta e afastamento de esgoto, sendo que menos de 10% da população tem esgoto tratado (TSUTIYA e SOBRINHO, 2000).

Segundo o mesmo autor, estes números indicam que muitas obras de coleta e transporte de esgotos deverão ser construídas no país, para a melhoria de qualidade de vida de sua população.

Dados referentes ao atendimento de redes de esgoto são disponibilizados pelo IBGE (2008), onde é informado que 45% dos municípios brasileiros não possuem coleta de esgoto sanitário.

Na Tabela 01 é possível verificar este déficit no atendimento distribuído pelas regiões do país. Na região Norte apenas 13,4% dos municípios apresentam coleta de esgoto sanitário, o menor índice entre as cinco regiões do país. Sendo na região Sudeste o melhor índice de atendimento com coleta por redes de esgoto, existentes em 95,1% dos municípios. O estado do Paraná, individualmente, apresenta um índice de aproximadamente 58% de atendimento.

Tabela 01 - Coleta de esgoto sanitário nos municípios brasileiros.

Regiões	Número total de Municípios	Municípios com coleta de esgoto sanitário	Índice de atendimento
Brasil	5.564	3.069	44,8%
Norte	449	60	13,4%
Nordeste	1.793	819	45,7%
Sudeste	1.668	1.586	95,1%
Sul	1.188	472	60,2%
Centro-oeste	466	132	28,3%
Paraná	399	168	57,9%

A situação se torna mais crítica quando relacionada ao correto tratamento e destinação deste esgoto, uma vez que, os números apresentados demonstram apenas dados da coleta do esgoto e não contemplam o destino adequado desta fonte poluidora.

Atualmente, é consenso que o esgoto (efluente ou águas residuais), industrial ou doméstico, precisa ser tratado antes de ser lançado nos mananciais para minimizar seu impacto no ambiente e para a saúde humana. Esse tratamento é feito nas chamadas Estações de Tratamento de Esgoto (ETE). Mas, infelizmente no Brasil, 62% da população não têm saneamento básico. Do esgoto coletado, menos de 20% é tratado antes de ser devolvido para os rios e outros mananciais (SANTOS, 2009).

Estes dados demonstram que o Brasil ainda precisa de uma evolução considerável no atendimento por redes coletoras de esgoto, ou seja, a necessidade eminente de estudo e investimentos nesta área.

Para NUVOLARI, et. al. (2003), o primeiro passo na implantação de um sistema de esgoto sanitário obviamente é o seu planejamento, cuja orientação é obtida na norma técnica NBR 9648 – Estudo de concepção de sistemas de esgoto sanitário.

Segundo ABNT (1986), o estudo de concepção é definido como o estudo de arranjos das diferentes partes de um sistema, organizadas de modo a formarem um todo integrado e que devem ser qualitativa e quantitativamente comparáveis entre si para a escolha da concepção básica. Sendo a opção básica a melhor opção de arranjo, sob os pontos de vista técnico, econômico, financeiro e social.

Entende-se por concepção de um sistema de esgoto sanitário, o conjunto de estudos e conclusões referentes ao estabelecimento de todas as diretrizes, parâmetros e definições necessárias e suficientes para a caracterização completa do sistema a projetar (TSUTIYA e SOBRINHO, 2000).

A Lei nº 8.666/93, que institui normas para licitações e contratos da administração pública, define em seu artigo 6º que: “Projeto Básico” é conjunto de elementos necessários e suficientes, com nível de precisão adequado, para caracterizar a obra ou serviço, ou complexo de obras ou serviços objeto da licitação, elaborado com base nas indicações dos estudos técnicos preliminares, que assegurem a viabilidade técnica e o adequado tratamento do impacto ambiental do empreendimento, e que possibilite a avaliação do custo da obra e a definição dos métodos e do prazo de execução.

Para TSUTIYA e SOBRINHO (2000), a concepção do sistema deverá estender-se às suas diversas partes, sendo elas: rede coletora, interceptor, emissário, sifão invertido, corpo de água receptor, estação elevatória e estação de tratamento.

Pela definição do autor, a rede coletora é o conjunto de canalizações destinadas a receber e conduzir os esgotos dos edifícios. O sistema de esgoto predial se liga diretamente à rede coletora por uma tubulação chamada coletor predial. A rede coletora é composta de coletores secundários, que recebem diretamente as ligações prediais, e se conectam no coletor tronco. O coletor

tronco é o coletor principal de uma bacia de drenagem, que recebe a contribuição dos coletores secundários, conduzindo seus efluentes e um interceptor ou emissário.

Para NUVOLARI, et. al. (2003), a rede coletora é o conjunto de tubulações constituídas por ligações prediais, coletores de esgoto, coletores tronco e seus órgãos acessórios. Sua função é receber as contribuições dos domicílios, prédios e economias, promovendo o afastamento do esgoto sanitário coletado em direção aos grandes condutos de transporte (interceptores e emissários) para o local de tratamento e descarga (corpo receptor).

Para o autor, o segmento de coletor, compreendido entre duas singularidades sucessivas, denomina-se “trecho”. Sendo que para facilitar a desobstrução destas tubulações, é usual a limitação dos comprimentos dos trechos com a construção de PVs intermediários.

Segundo TSUTIYA e SOBRINHO (2000), um dos fatores que deve ser considerado na concepção do traçado de uma rede de coletores é a profundidade das redes. Em função da maior ou menor dificuldade de escavação, na fase de concepção deverão ser estabelecidas as profundidades máximas que deverão ser adotadas no projeto.

O autor informa que, normalmente, as profundidades máximas das redes de esgotos não ultrapassam 3,0 a 4,0 metros. Profundidades maiores só serão admitidas após justificativa técnico-econômica.

Segundo NUVOLARI, et. al. (2003), o fator limitante relacionado a profundidade máxima das redes é o custo de implantação tanto de coletores de esgoto como das ligações prediais. É freqüente a indicação de 4 metros como limite de coletores auxiliares para receber as ligações prediais sem lhes onerar o custo.

Estabelecida a concepção e o projeto básico (projeto hidráulico), geralmente haverá a necessidade de se elaborar o projeto executivo para a execução das redes de esgotos, principalmente em áreas com várias interferências, soleiras negativas e topografia variável. Em várias situações, o custo da obra poderá sofrer uma sensível diminuição, quando a obra é executada com suporte de um projeto executivo (TSUTIYA e SOBRINHO, 2000)

A definição de “Projeto Executivo” é o conjunto dos elementos necessários e suficientes à execução completa da obra, de acordo com as normas pertinentes da Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT (Lei nº 8.666/93, artigo 6º).

O projeto executivo das redes de esgoto é necessário em função das peculiaridades do terreno onde serão implantadas as redes.

Nesta etapa do projeto, em função de uma maior precisão e confiabilidade das informações do terreno, apenas com a utilização das curvas de nível, não é possível obter os dados necessários e atualizados das locais onde serão executadas as redes de esgoto. Neste momento é imprescindível a execução de um levantamento topográfico para apresentação destas informações.

2.3 Dados SRTM

A Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) foi uma missão espacial projetada e financiada pelas seguintes agências espaciais: Agência Nacional de Inteligência Geoespacial (NGA), em colaboração com a Agência Espacial Italiana (ASI) e o Centro Aeroespacial Alemão (DLR) e lideradas pela Agência Espacial Americana (NASA). Essa missão consiste em um levantamento topográfico global, feito por meio de radar (SOUZA, 2006).

Segundo MANTELLI (2008), os dados SRTM foram gerados em uma missão espacial feita a bordo da espaçonave Endeavour entre 11 e 22 de fevereiro de 2000. A espaçonave realizou uma órbita de 233 km de altitude, com inclinação de 57º, objetivando a obtenção de dados topográficos digitais para cerca de 80% do globo terrestre entre as latitudes 60ºN e 56ºS.

O sistema interferométrico SAR ou InSAR usa como princípio básico a medida de diferença de fase derivadas de duas imagens radares adquiridas a partir de uma base onde estes equipamentos estão muito próximos, que tornam possível a obtenção da distância das antenas a bordo da espaçonave até o terreno (Figura 01). A acurácia do sistema é obtida a partir de medidas do comprimento da base, da orientação e da localização da plataforma de medida a bordo da espaçonave, vinculada a um sistema de referência. O comprimento de onda utilizado no radar é da ordem do centímetro. Neste caso o sistema

fornece um sinal de retorno muito bom em superfícies tais como solos expostos, água e vegetação, tornando possível a representação do terreno através de um modelo digital de elevação DEM. No caso de vegetação muito espessa o sistema não responde totalmente ao objetivo gerando uma superfície topográfica que não corresponde a superfície topográfica do terreno. (UMLAND et al, 2000)

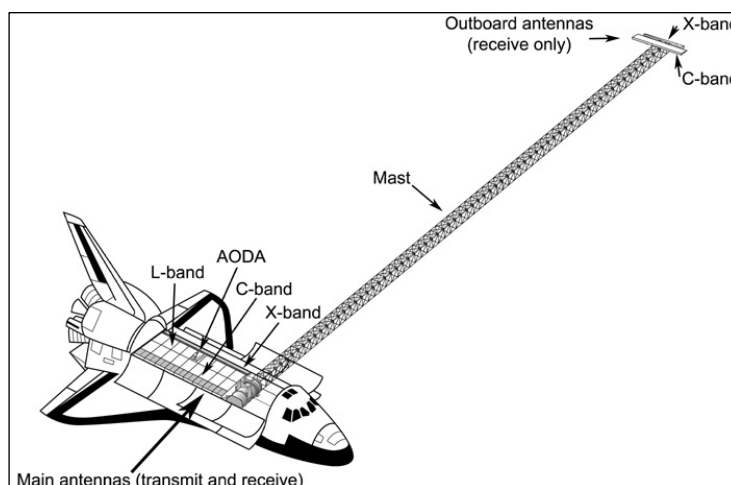


Figura 01 - Esquema do sistema de aquisição de dados SRTM. (fonte NASA - <http://www2.jpl.nasa.gov/srtm/srtmBibliography.html>).

De acordo com SOUZA (2006), a vantagem do uso de dados SRTM abrange diversos fatores. Um destes é a vantagem de ser uma alternativa viável para um conhecimento significativo de dados altimétricos, principalmente em áreas de difícil acesso, com relevo bastante movimentado. Uma segunda vantagem é a sua aplicabilidade. Como a missão SRTM tem como produto final modelos digitais de elevação, estes se mostram como suporte em diversos campos de atuação profissional, justificados na busca de minimizar interferências negativas no ambiente. Uma terceira vantagem é a disponibilidade de seus dados de forma gratuita, com resolução de um arco de segundo (01") para os Estados Unidos e resolução de três arcos de segundo (03") para a América do Sul.

Para PAIVA et al 2009, os dados da SRTM contribuem à análise do relevo, pois oferecem subsídios para a análise espacial, através de ferramentas oferecidas pelos SIG's (Sistemas de Informações Geográficas), facilitando a tarefa de integração das informações topográficas.

Segundo SOUZA (2006), desde novembro de 2005 a NASA promoveu um refinamento de seus arquivos SRTM com o propósito de eliminar inconsistências como valores negativos questionáveis e áreas com vazios de informação. Tal refinamento disponibilizou novos modelos SRTM com a mesma estrutura de organização.

Assim como a NASA, outros órgãos buscam a melhoria dos dados SRTM. Uma destas entidades é o CGIAR - Consultative Group for International Agricultural Research (Grupo Consultivo para Pesquisas Agrícolas Internacionais), através do CSI - Consortium for Spatial Information (Consórcio para Informações Espaciais), com informações disponíveis no endereço eletrônico: www.srtm.csi.cgiar.org.

Segundo JARVIS et. al. (2008) neste local, os dados SRTM originais, foram submetidos a vários processamentos com o objetivo de apresentar uma superfície de elevação com a minimização de imperfeições para representação do globo.

Com isso, os dados SRTM disponíveis neste local foram atualizados para a versão 4, sendo ela a versão mais atualizada em relação aos produtos anteriores, uma vez que foram utilizados tratamentos com o emprego de novos algoritmos de interpolação e DEMs auxiliares com melhor eficácia.

Os arquivos SRTM - versão 4, possuem uma cobertura global limitada a latitude 60° Norte e Sul, tendo uma resolução de 90 metros no equador. Estão disponíveis para aquisição gratuita no site da entidade, em quadrículas de 5° x 5° de amplitude, no sistema de coordenadas geográficas (WGS84), nos formatos: ASCII ou Tiff (arquivo georreferenciado).

2.4 Software Global Mapper

O software Global Mapper é um programa americano que está disponível no site: www.global.mapper.com. Neste endereço é possível adquirir a versão 11.02 do programa, sendo esta a mais atualizada disponível.

Apesar de ser um software comercializado (código fechado), é possível realizar sua instalação e utilizá-lo, na versão demonstração. Mas, usando desta

forma, existem algumas restrições de uso, como por exemplo, não ser possível salvar ou exportar dados.

Para o usuário explorar todo o potencial deste software, é possível solicitar por email ao suporte do Global Mapper uma licença temporária gratuita de 15 dias. Com esta licença é possível fazer o registro do programa e utilizar, neste período, todas as ferramentas disponíveis, sem restrições de uso.

Vários estudos utilizam este programa, principalmente para a manipulação de dados SRTM.

No trabalho de PAIVA et al (2009), foi utilizado a versão 10.01 do Global Mapper para gerar um mapa hipsométrico da cidade de Maringá-PR para avaliação dos dados de declividade.

SANTOS (2009) empregou o software Global Mapper versão 8 como apoio na manipulação de dados de altimetria, por meio de um mapa hipsométrico, na execução de um estudo referente a influência do relevo em sistemas de afastamento e tratamento de esgoto para a cidade de Marília-PR.

2.5 Métodos de Interpolação

Interpolar é predizer (ou estimar) o valor da variável em estudo num ponto não amostrado. Na Figura 02, o ponto “X” representa o local que se pretende predizer o valor em uma determinada área de estudo (LANDIN et. al., 2002).

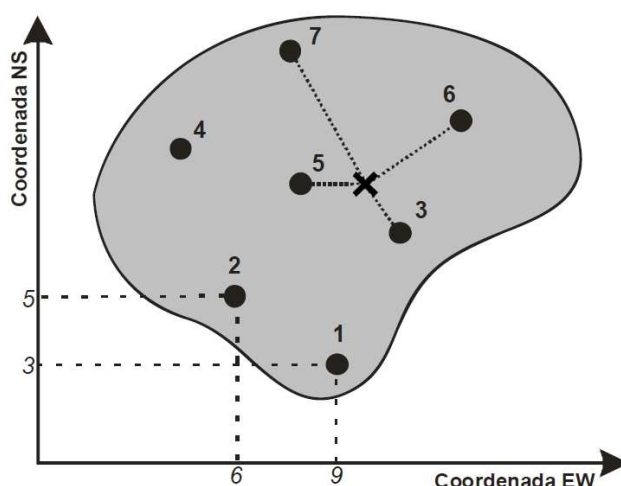


Figura 02 - Pontos de amostragem (1 a 7) e ponto de estimativa (“X”). (fonte: LANDIM ET. al., 2002 - Texto Didático 08).

Segundo LANDIM et. al. (2002), o princípio geral para os métodos de interpolação é praticamente o mesmo. O valor de um ponto a ser predito é a somatória dos produtos entre os valores da variável, obtidos em pontos conhecidos, e os respectivos pesos calculados para os pontos considerados.

O autor afirma que o valor predito depende diretamente do método de interpolação escolhido. Sendo que existe um número significativo de métodos de interpolação que podem fornecer diferentes resultados, e a escolha do método vai depender de cada caso específico. E, infelizmente não há uma receita pronta quando se trata de estimativa de valores desconhecidos a partir de valores conhecidos.

Em função de existir vários métodos de interpolação, para o desenvolvimento deste trabalho, serão utilizados os métodos de re-amostragem: Bilinear, bicúbico e vizinho mais próximo, que estão disponíveis no software Global Mapper (v11.02).

Segundo CENTENO (2003), a interpolação pelo método do vizinho mais próximo garante que o valor escolhido seja um dos valores originais, ou seja, não gera novos valores interpolados.

No interpolador do tipo vizinho mais próximo, para cada ponto da grade é atribuído a cota da amostra mais próxima ao ponto a ser estimado. Este interpolador deve ser usado quando se deseja manter os valores de cotas das amostras na grade sem gerar valores intermediários (NAMIKAWA et al., 2003).

Já o método de interpolação bilinear, consiste em interpolar um valor a partir dos quatro vizinhos mais próximos, sendo que neste método, o valor é calculado fazendo interpolações lineares em linha e coluna (CENTENO 2003).

Segundo NAMIKAWA et al. (2003), para se calcular a superfície bilinear, para uma célula da grade aproveita-se as características de ordenação das posições dos elementos das células e otimiza-se o procedimento que implementa este interpolador. Este método é mais rápido computacionalmente em relação ao interpolador bicúbico, com desvantagem de produzir superfícies pouco suavizadas, devendo ser usado quando não se necessita de uma aparência suave da superfície.

Uma alternativa mais complexa é a interpolação do valor por meio da convolução cúbica. Neste caso, os 16 valores mais próximos são levados em conta e a interpolação é feita ajustando, de maneira similar à interpolação

bilinear, polinômios cúbicos a cada coluna, para depois interpolar um novo polinômio cúbico entre estes resultados (CENTENO, 2003).

Conforme descrito por NAMIKAWA et al. (2003), para realizar um refinamento bicúbico em um ponto, são considerados os 16 vizinhos, sendo quatro pontos extremos da célula que contém o ponto em questão e os pontos extremos das células adjacentes aos primeiros quatro pontos.

Segundo este autor, o refinamento bicúbico, apesar de ser mais lento computacionalmente que o bilinear, fornece resultados melhores pois garante continuidade de primeira e segunda ordem entre as funções que representam cada célula do modelo. Desta forma a superfície resultante é suave nos pontos da grade e também ao longo dos segmentos que formam os retângulos, ou seja, a grade é mais suave e cada retalho da grade é contínuo e suave em relação aos seus vizinhos.

SOUSA et al. (2009), empregou em seu estudo os interpoladores: bilinear e bicúbico para avaliar o refinamento dos dados SRTM através da geração de uma nova malha de 30 x 30 metros. Esta re-amostragem foi utilizada para uma comparação com os dados de declividade de uma carta topográfica na escala 1:100.000 de uma microbacia com uma área aproximada de 3.048 Km² no estado do Maranhão, onde o resultado mais satisfatório foi alcançado pelo interpolador bicúbico.

2.6 Geoprocessamento

O geoprocessamento pode ser definido como um conjunto de tecnologias voltadas a coleta e tratamento de informações espaciais para um objetivo específico. Desta maneira as atividades que envolvem o geoprocessamento são executadas por sistemas específicos para cada aplicação. Estes sistemas são mais comumente tratados como Sistema de Informação Geográfica (SIG). (KUPITZKI, 2009).

Para CHAVES (2005), geoprocessamento pode ser entendido como uma ferramenta que possibilita como nenhuma outra uma integração e otimização das diversas variáveis e disciplinas envolvidas no planejamento territorial. Possibilita, principalmente, uma análise mais ampla de todo o contexto e

permite não apenas a mera descrição dos principais aspectos, mas também a simulação e o estabelecimento das intervenções possíveis para escolha das melhores alternativas.

Segundo ROCHA (2007), o geoprocessamento vem estabelecendo uma nova forma de comunicação comum entre as disciplinas que o utilizam. Palavras como georreferenciamento, geocodificação, digitalização, rasterização, vetorização, topologia, dados espaciais, raster, vetorial, alfanuméricos, metadados, metabases, resolução, entre outras, formam um vocabulário utilizado por várias disciplinas.

Para o autor, geoprocessamento pode ser definido como uma tecnologia transdisciplinar, que, através da axiomática da localização e do processamento de dados geográficos, integra várias disciplinas, equipamentos, programas, processos, entidades, dados, metodologias e pessoas para coleta, tratamento, análise e apresentação de informações associadas a mapas digitais georreferenciados.

2.6.1 Tipos de dados

Para FERREIRA JÚNIOR (2005), existem dois tipos de formato de armazenamento: *raster* e vetoriais.

Os arquivos *raster* são constituídos de pontos individuais chamados de *pixels* que são dispostos de forma regular em uma grade e com tonalidades de cores diferentes que formam padrão. Ao aumentar o *zoom* é possível ver os quadrados individuais que formam a imagem total. O aumento do tamanho de um arquivo *raster* (esticar/ampliar o desenho) tem o efeito de um aumento de *pixels* individuais, isto que faz com que as linhas e formas pareçam serrilhadas.

Arquivos vetoriais são constituídos por vetores que são entidades definidas matematicamente como uma série de pontos unidos por linhas. Cada vetor é uma entidade independente com propriedades como: cor, forma, contorno, tamanho e posição geográfica, inclusa em sua definição.

2.6.2 Sensoriamento remoto

O Sensoriamento Remoto pode ser definido como a aplicação de dispositivos que, colocados em aeronaves ou satélites, nos permitem obter informações sobre objetos ou fenômenos na superfície da Terra, sem contato físico com eles (ROCHA, 2007).

Segundo o autor, a evolução do SR através de sensores mais potentes, proporcionando imagens com resoluções cada vez melhores, associadas com técnicas de extração de informação oriundas do processamento de imagens, ampliou sua aplicabilidade a diversas áreas do conhecimento: Levantamento de recursos naturais, Análise ambiental, Geologia, Agricultura, Florestas, Estudos urbanos, são algumas das áreas diretamente afetadas.

Segundo CHAVES (2005), os produtos de sensoriamento remoto disponibilizados no mercado são muitos, com grandes variações de custo e resolução. Na aquisição de uma imagem é importante primeiramente definir o propósito da aplicação, a localização, o nível de detalhes desejado, a necessidade e a frequência de monitoramento. Desse modo, pode-se fazer a melhor escolha, de acordo com as possibilidades acessíveis e que melhor podem servir.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização da Área de Estudo

O local definido para este estudo é o bairro Centro da cidade de Cascavel-PR (limite em destaque) conforme localização mostrada na Figura 03, onde também pode ser visualizado o limite do perímetro urbano desta cidade (área composta por todos os bairros).

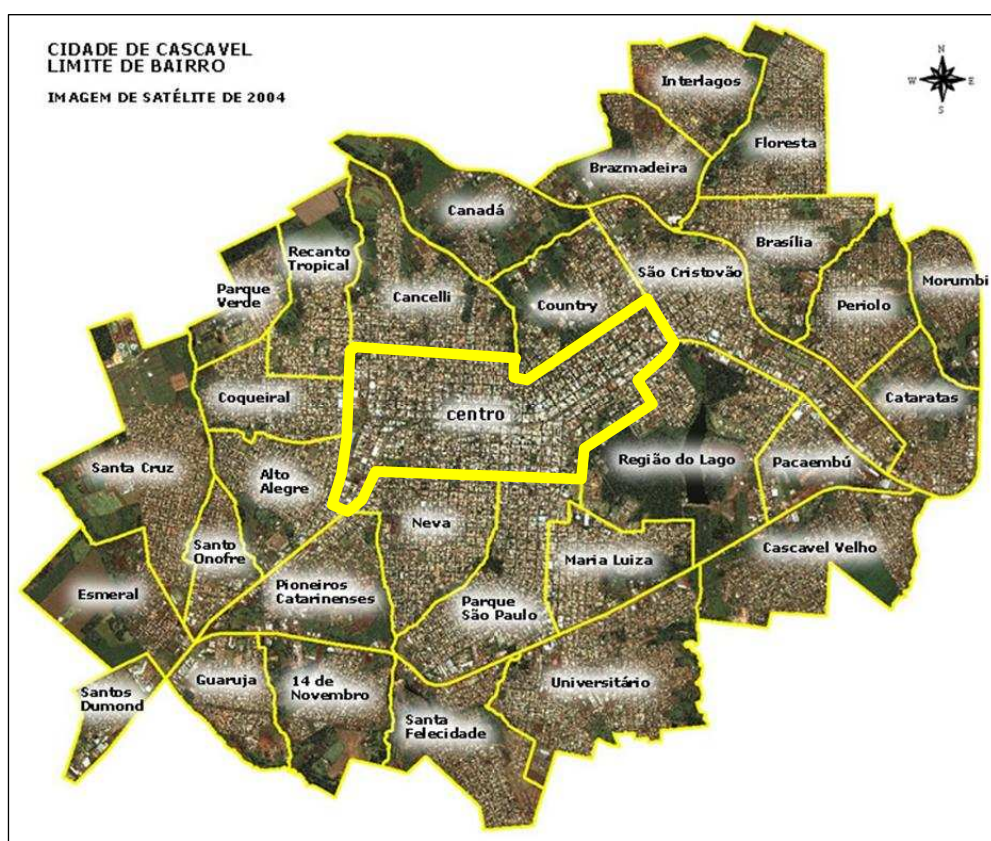


Figura 03 - Localização do bairro Centro de Cascavel-PR. (fonte SEPLAN http://www.cascavel.pr.gov.br/servicos/mapa_cvel/mapa_cvel.html).

Este bairro possui uma área de 6,23 Km² e contém aproximadamente 345 quadras urbanizadas.

Em relação as características topográficas, o bairro encontra-se inserido em duas bacias hidrográficas distintas (Bacia Hidrográfica do Rio Iguaçu e Bacia Hidrográfica do Rio Paraná), sendo que o divisor de águas destas bacias, é praticamente coincidente com o trajeto da Avenida Brasil (principal

avenida da cidade), antigo leito da BR-277, ligação entre a cidade de Foz do Iguaçu e Curitiba.

3.2 Etapas do Estudo

Para atingir os objetivos propostos nesta pesquisa, os trabalhos foram desenvolvidos em três fases distintas: aquisição e manipulação da base cartográfica; aquisição e manipulação dos dados de elevação; e cruzamento e análise das informações.

3.2.1 Aquisição e manipulação da base cartográfica

Nesta etapa foi realizada uma busca por informações cartográficas junto à Prefeitura Municipal de Cascavel.

Foram obtidos dois arquivos digitais do bairro Centro da cidade. Um deles contendo a base cartográfica e outro com o cadastro das redes de esgoto deste bairro.

O arquivo da base cartográfica é composto pelo limite do bairro, o limite das quadras, nome das ruas e eixo das ruas.

O arquivo do cadastro de esgoto contém o traçado das redes, os respectivos órgãos acessórios (terminal de limpeza e poço de visita) e a indicação do sentido do fluxo do esgoto.

Ambos os arquivos encontram-se georreferenciados tendo como referência uma restituição na escala 1:2000, de um levantamento aerofotogramétrico realizado no ano de 1995, utilizando como referência o Datum SAD69.

Após a sobreposição destes dois arquivos, com a utilização de um software de CAD, foi possível visualizar a situação das redes de esgoto do respectivo bairro, conforme apresentado na Figura 04. Esta ilustração mostra em detalhes a disposição da rede de esgoto (linha azul) em relação as testadas das quadras (linha vermelha), assim como o sentido do escoamento do efluente.

Na Figura 04, também é possível identificar algumas características relacionadas a execução destas redes. Em algumas ruas (trajeto compreendido

entre duas esquinas) existe rede de esgoto implantada em apenas um dos lados, em outros logradouros, a rede coletora ocupa os dois lados desta rua.

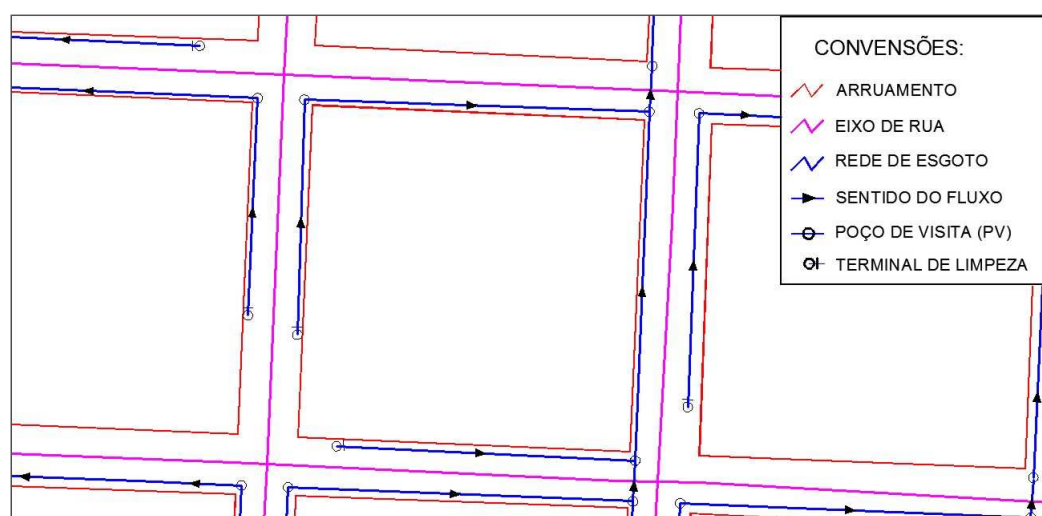


Figura 04 - Detalhe das redes existentes no bairro Centro de Cascavel.

Como o sentido de escoamento das redes de esgoto está relacionado diretamente com as características topográficas da área, o trajeto destas redes deve respeitar, na grande maioria dos casos, o desnível natural terreno, promovendo o escoamento por gravidade.

Desta forma, tanto as redes simples (apenas de um lado das ruas) como as redes duplas (ambos os lados da rua) tem o sentido do fluxo determinado pela declividade do respectivo trecho do logradouro.

Sendo assim, uma maneira de representar, de forma única, o sentido do escoamento de um determinado logradouro, pode ser através do alinhamento representativo do eixo deste logradouro, ou seja, através da informação do eixo das ruas (linha magenta) que pode ser visualizada na Figura 04.

Em função das redes coletoras de esgoto respeitarem o alinhamento predial das quadras, a mudança ou a definição do sentido do fluxo destas tubulações ocorre nos cruzamentos das ruas, ou seja, nas esquinas, onde estão localizados os poços de visita (PVs).

Considerando esta situação, a camada de informação (layer) correspondente aos eixos das ruas foi editada. Nesta verificação, cada trecho compreendido entre duas esquinas foi representado por apenas uma entidade

gráfica (linha) e nas ruas onde não existe rede coletora estas linhas representativas foram excluídas.

O resultado deste trabalho de quantificação das ruas do bairro Centro (limitado pela linha vermelha) pode ser avaliado na Figura 05, onde é possível verificar que poucas quadras não são atendidas, sendo que um total de 674 ruas (linha azul - segmento compreendido entre duas esquinas) possuem rede coletora de esgoto implantada.

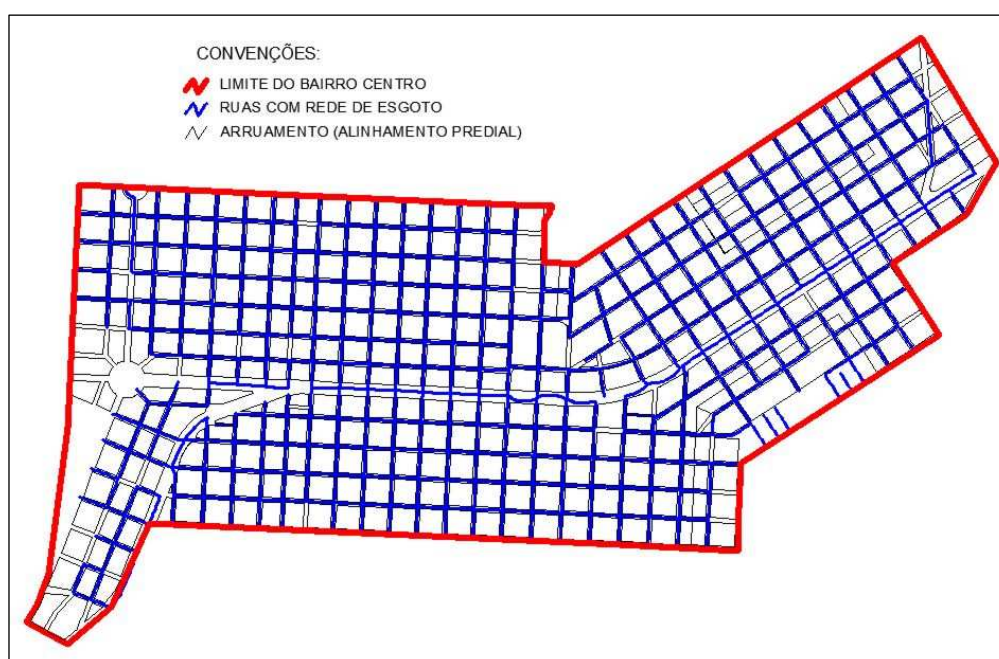


Figura 05 - Ruas com rede de esgoto do bairro Centro de Cascavel.

3.2.2 Aquisição e manipulação dos dados SRTM

Com a área de estudo delimitada e caracterizada através das 674 linhas representativas, foi necessário adquirir os dados SRTM da região compreendida pelo bairro Centro para confrontar ambas informações.

Como os dados SRTM estão disponíveis em vários sites da internet, para este estudo foi definido que a obtenção desta informação seria através do site: www.srtm.csi.cgiar.org (conforme descrito por UMLAND et. al., 2000) que disponibiliza uma atualização e melhoria dos dados da missão original da NASA.

Nesta página os dados SRTM (versão 4) estão disponíveis em arquivos Raster no formato Tiff (arquivo georreferenciado) e arranjados em uma malha de coordenadas de 5 x 5 graus.

Foi necessário verificar qual das quadrículas contemplava a cidade de Cascavel em função da sua localização (coordenadas geográficas). Após pesquisa foi encontrado o arquivo: `srtm_26_17.zip`, que após a descompactação gerou um novo arquivo com extensão Tiff, que necessita de um software específico para manipulação e extração das informações de elevação.

Para o trabalho de manipulação dos dados SRTM, neste estudo, foi utilizado o software Global Mapper (versão 11.02) adquirido através do site: www.global.mapper.com, com o emprego de um registro temporário gratuito para liberação de todos os recursos disponíveis do programa.

Com a utilização do Global Mapper a imagem Tiff foi importada para o software, que identifica automaticamente a sua referência espacial, ou seja, sistema de coordenadas geográficas e utilização do Datum WGS84, conforme mostrado na Figura 06.

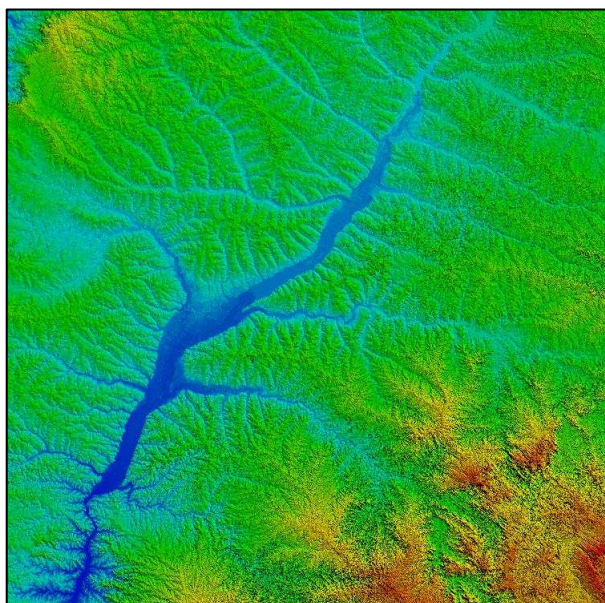


Figura 06 - Imagem SRTM (versão 4) no Global Mapper em WGS84.

Como os dados SRTM possuem dados de elevação, o programa representa visualmente estas informações através de uma escala de cores,

onde o vermelho representa altitudes mais elevadas e o azul as altitudes inferiores.

Para compatibilizar a base cartográfica de Cascavel com os dados SRTM foi preciso realizar uma transformação desta imagem para coordenadas planas (UTM) e sistema geodésico SAD69.

Com a imagem convertida para SAD69, o limite do perímetro urbano de Cascavel foi importado para visualizar a localização da área de estudo na imagem SRTM, ficando a mesma praticamente no seu limite inferior (local indicado pela seta de cor magenta). O resultado desta transformação é a localização da área urbana de Cascavel que pode ser visualizada na Figura 07.

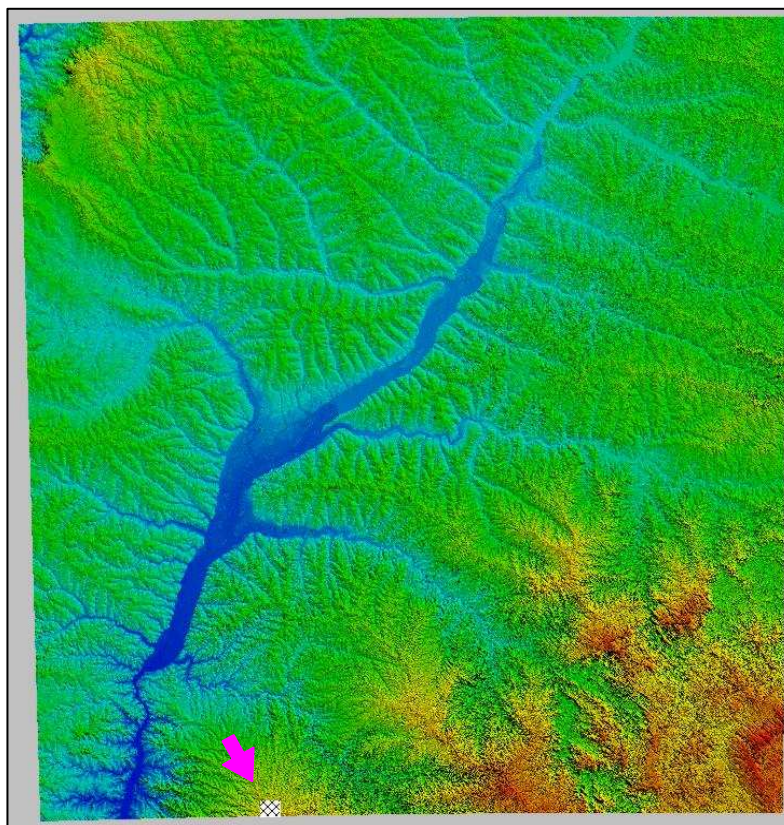


Figura 07 - Imagem SRTM em SAD69, com destaque da área de estudo.

Na versão 11.02 do Global Mapper existe a opção de re-amostragem dos dados de elevação, e é possível criar sete tipos diferentes de re-amostragem do relevo, sendo elas: interpolação bilinear, interpolação bicubica, vizinho mais próximo e mais quatro tipos de interpolação por caixa média. Esta opção de escolha de re-amostragem pode ser conferida na Figura 08, onde também é

possível visualizar todos os bairros de Cascavel, com destaque para o bairro Centro (linha na cor magenta), sobrepostos ao modelo de elevação SRTM.

Com cada tipo de re-amostragem produz uma representação diferenciada do relevo, neste estudo foi realizada a execução de três cenários diferenciados para simulação do relevo do bairro Centro, através da re-amostragem: Interpolação bilinear, Interpolação bicubica e Vizinho mais próximo.

Como estas três situações, é possível avaliar a discrepância produzida pela utilização de métodos de interpolação diferenciados.

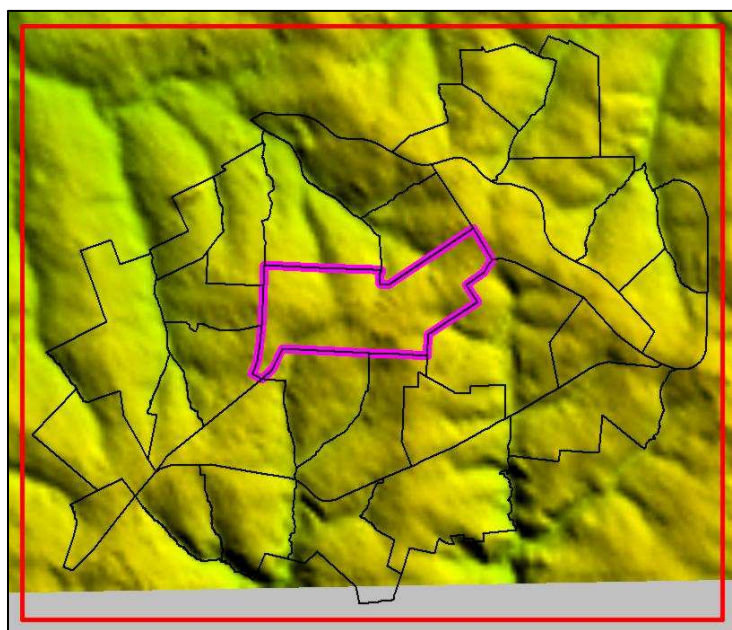


Figura 08 - Opções de re-amostragem do software Global Mapper v11.02.

Esta materialização dos métodos de re-amostragem e simulação das características do relevo, é obtida através da execução de curvas de nível que são geradas com a utilização da ferramenta: “generate contours”. Sendo que, neste comando é necessário definir a precisão desta informação, ou seja, o intervalo entre as curvas.

A definição desta precisão altimétrica está relacionada ao grau de detalhamento necessário para alcançar o objetivo do trabalho.

Segundo TSUTIYA e SOBRINHO (2000), as profundidades máximas dos coletores, quando assentadas nos passeios, deverão ficar em torno de 2,0 a 2,5 metros, dependendo do tipo de solo.

Seguindo esta orientação, sobre a profundidade máxima dos coletores, foi definido que a precisão necessária, para este estudo, seria a obtenção das curvas de nível com uma eqüidistância de 1 metro. Existindo, desta forma, uma tolerância entre o produto gerado (curvas) e a profundidade máxima de referência (2 metros).

Na Figura 09 é mostrada a execução das curvas de nível no Global Mapper, com a definição do intervalo de 1 metro entre as mesmas. Conforme visualizado na ilustração, estas curvas foram geradas para todo o perímetro urbano de Cascavel (polígono na cor vermelha), com a finalidade desta informação não ficar restrita a área do bairro Centro (limite na cor amarela).



Figura 09 - Curvas de nível geradas do perímetro urbano de Cascavel.

Depois de gerada a informação vetorial das curvas de nível para os três tipos de re-amostragem, estes elementos foram exportados em arquivos diferenciados, na extensão DXF, contendo a referência geográfica e o atributo de elevação (altitude), podendo desta forma, ser comparados com os arquivos do cadastro de esgoto.

3.2.3 Cruzamento e análise das informações

Os três arquivos, contendo as curvas de nível geradas para cada tipo de interpolação, foram sobrepostos individualmente sobre o cadastro das redes de esgoto do bairro Centro de Cascavel, com auxílio da ferramenta CAD.

Uma visualização desta situação pode ser analisada na Figura 10, onde é mostrada a sobreposição das curvas de nível (curvas mestra em destaque com equidistância de 5 metros) com as informações da base cartográfica e o cadastro das redes de esgoto.

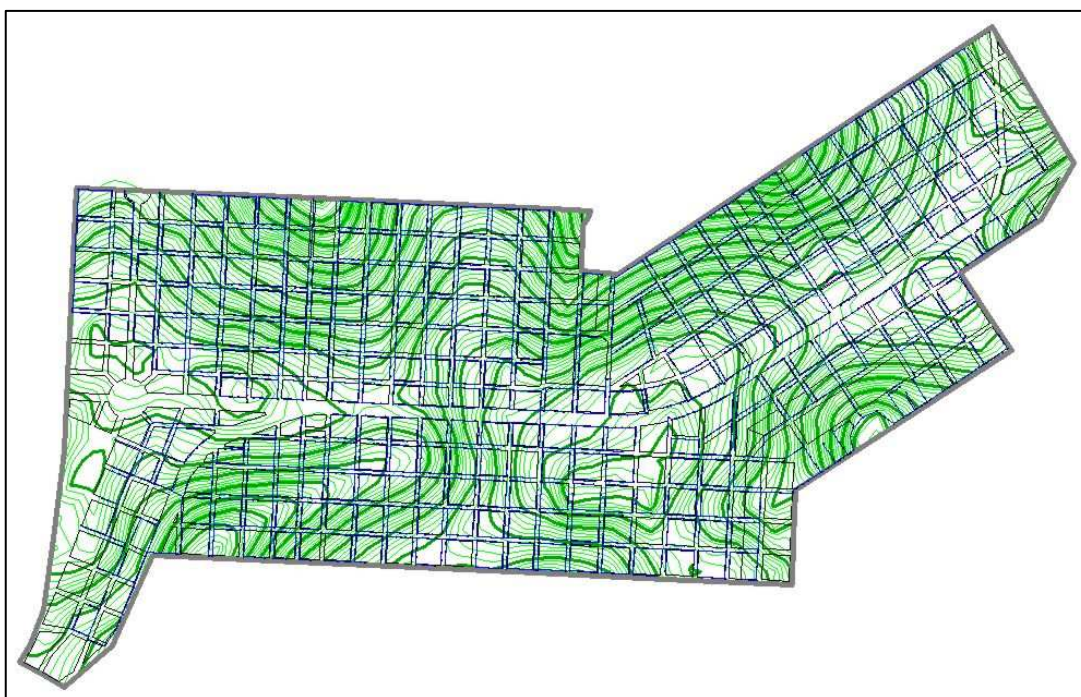


Figura 10 - Sobreposição do relevo (bilinear) e da base cartográfica.

Após a sobreposição das informações, o próximo passo foi a confrontação dos resultados da simulação do relevo com o sentido do fluxo das redes de esgoto existentes, utilizando como verificador as 674 linhas representativas dos eixos de ruas.

Segundo TSUTIYA e SOBRINHO (2000), o traçado da rede de esgotos está estreitamente relacionada à topografia da cidade, uma vez que o escoamento se processa segundo o caimento do terreno.

Para o autor, de acordo com a disposição das canaletas do fundo dos órgãos acessórios, pode-se ter para uma mesma área soluções diferentes de traçado. A topografia é um dos fatores que devem ser avaliados.

Em locais onde existe uma baixa declividade do terreno e também no encontro de logradouros (esquinas), a configuração das redes é influenciada, não apenas pelas características do relevo, mas também por alguma situação específica de projeto, visando uma melhoria no sistema ou até mesmo uma economia financeira.

Em função destas considerações, neste estudo, para cada testada de quadra foi realizada uma análise para verificar se a configuração das curvas de nível representam o sentido do fluxo das redes de esgoto, utilizando o seguinte critério: quando a situação era condizente, ou seja, declividade das curvas no mesmo sentido do fluxo das redes de esgoto, a linha que representa o eixo desta quadra era identificada com a cor verde. No caso contrário, declividade das curvas de nível no sentido oposto ao fluxo das redes de esgoto, a linha identificada com a cor vermelha.

Além das linhas verde e vermelha, mais uma situação (linha azul) foi considerada em função das particularidades do projeto e da tolerância em função da precisão da altimetria. Como as curvas de nível foram geradas com uma equidistância de 1 metro, convencionou-se nas análises que seria utilizada uma tolerância igual a precisão destas curvas, ou seja, a discordância só era confirmada (linha vermelha) caso a diferença entre o sentido do fluxo e o desnível indicado pelas curvas de nível fosse superior a 1 metro.

Desta forma foram consideradas nas análises três situações: situação correta (linha verde), situação errada (linha vermelha) e a situação intermediária (linha azul) onde não é possível, com os dados empregados neste estudo, uma definição da veracidade ou não da informação.

Uma ilustração do resultado empregando o critério mencionado acima, pode ser avaliado na Figura 11, onde são mostradas as três cores representativas.

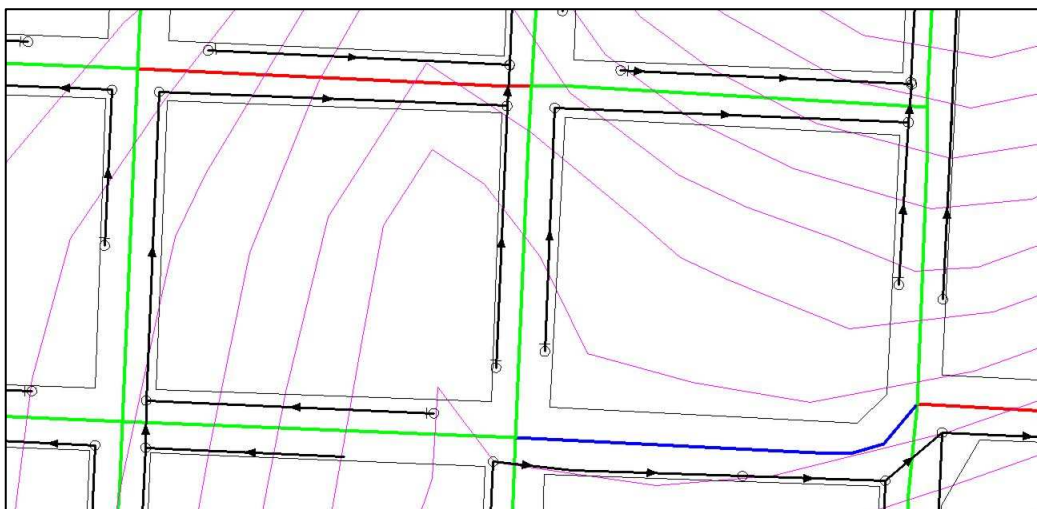


Figura 11 - Visualização das três situações avaliadas no estudo.

Outra situação, onde é possível visualizar a ocorrência dos três métodos de análise, é mostrada na Figura 12, onde as linhas na cor verde representam o correto sentido do fluxo da rede de esgoto, as linhas vermelhas representam a não conformidade das informações e a linha azul representa a situação que não é possível uma definição (certo ou errado) em função da necessidade de uma maior precisão das informações do relevo verdadeiro.

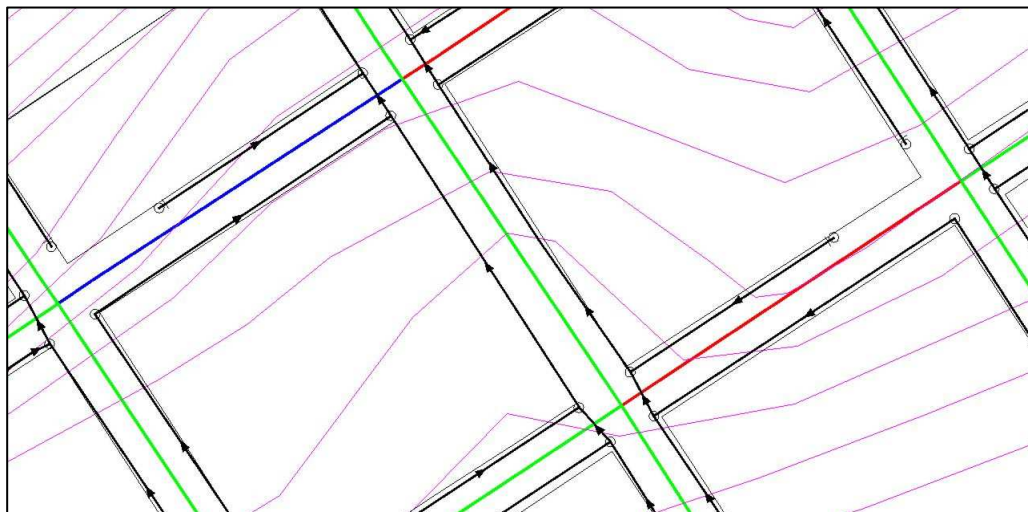


Figura 12 - Critério utilizado para confrontação das informações.

O resultado das análises foi quantificado e ilustrado para os três tipos de interpolação, onde para cada situação foram totalizadas 674 testadas de quadra (eixos de ruas) identificadas pelas cores: verde, vermelho e azul.

Usando o método de interpolação bilinear, considerando as 674 verificações possíveis, apenas 07 testadas de quadra (linha vermelha) apresentaram conflito com o sentido do fluxo das redes existentes, em 19 locais (linha azul) a situação foi considerada como indefinida e em 648 das testadas (linha verde), a declividade gerada pelas curvas de nível corresponde ao sentido do fluxo, conforme ilustrado na Figura 13.

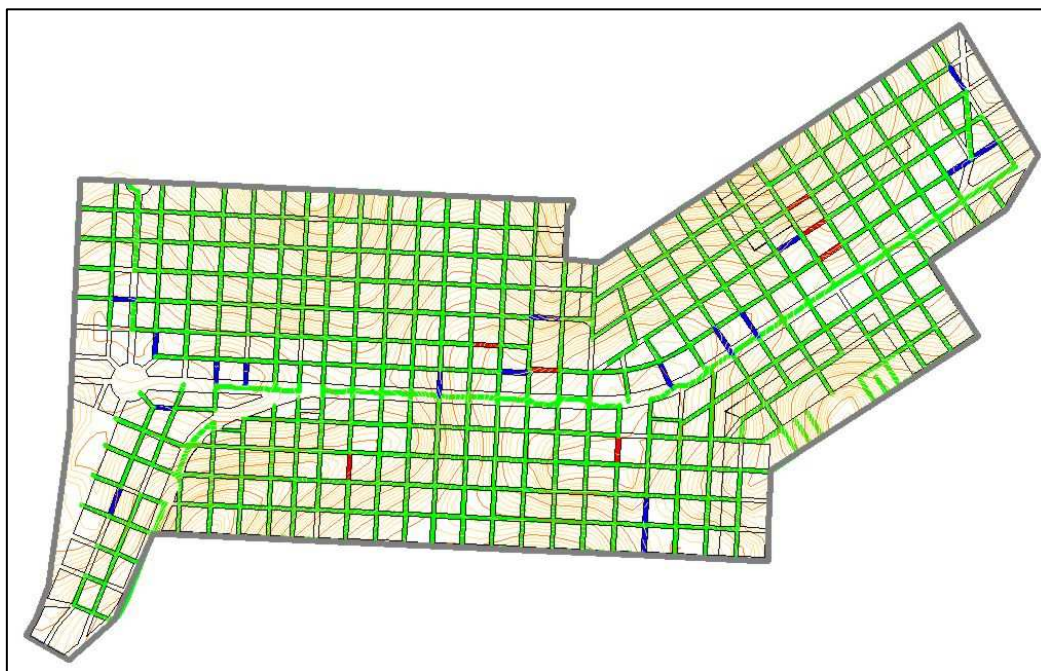


Figura 13 - Resultado da análise da re-amostragem bilinear.

No caso da interpolação bicúbica, foram identificados 14 seguimentos de rua (linha vermelha) em desacordo com o cadastro existente, em 05 situações (linha azul) não foi possível concluir e em 655 segmentos de ruas (linha verde) a realidade do sentido do fluxo das redes de esgoto foi confirmado, conforme mostrado Figura 14.

SOUSA et al. 2009, identificou que os dados do interpolador bicúbico representaram com maior fidelidade as variações do relevo presentes na sua área de estudo.

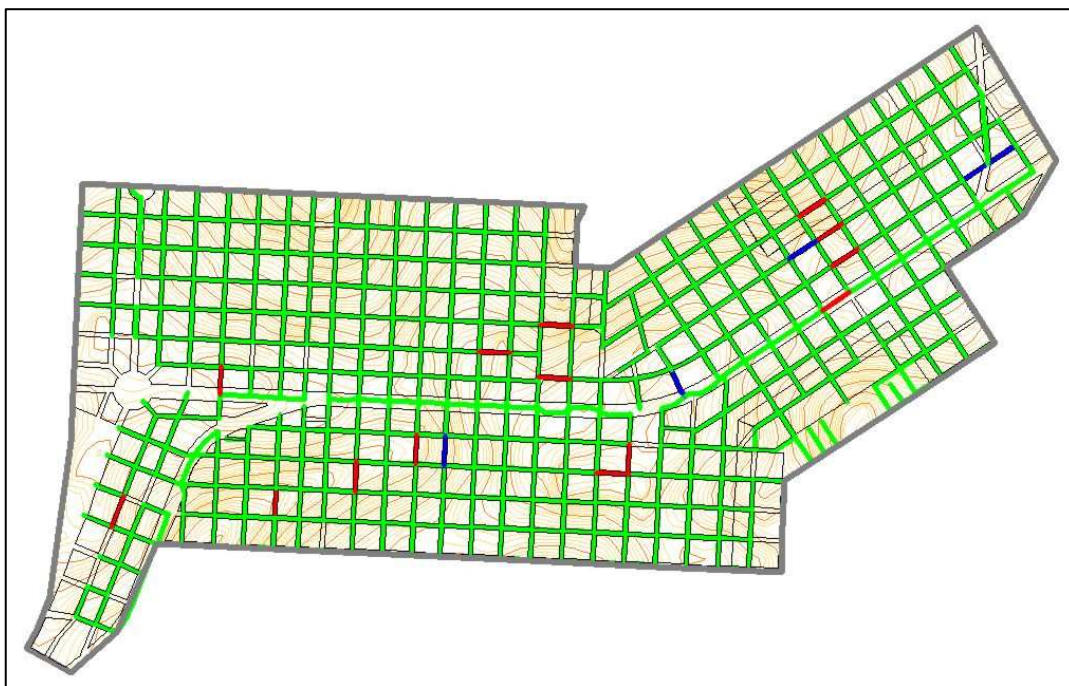


Figura 14 - Resultado da análise da re-amostragem bicúbica.

Considerando as curvas de nível geradas pelo interpolador vizinho mais próximo, conforme visualizado na Figura 15, do total de 674 logradouros, foram encontradas 17 situações (linha vermelha) em desacordo com o sentido do fluxo, em 08 locais (linha azul) não foi possível uma correta definição e em 649 ruas (linha verde) a representação do fluxo das redes de esgoto foi correta.

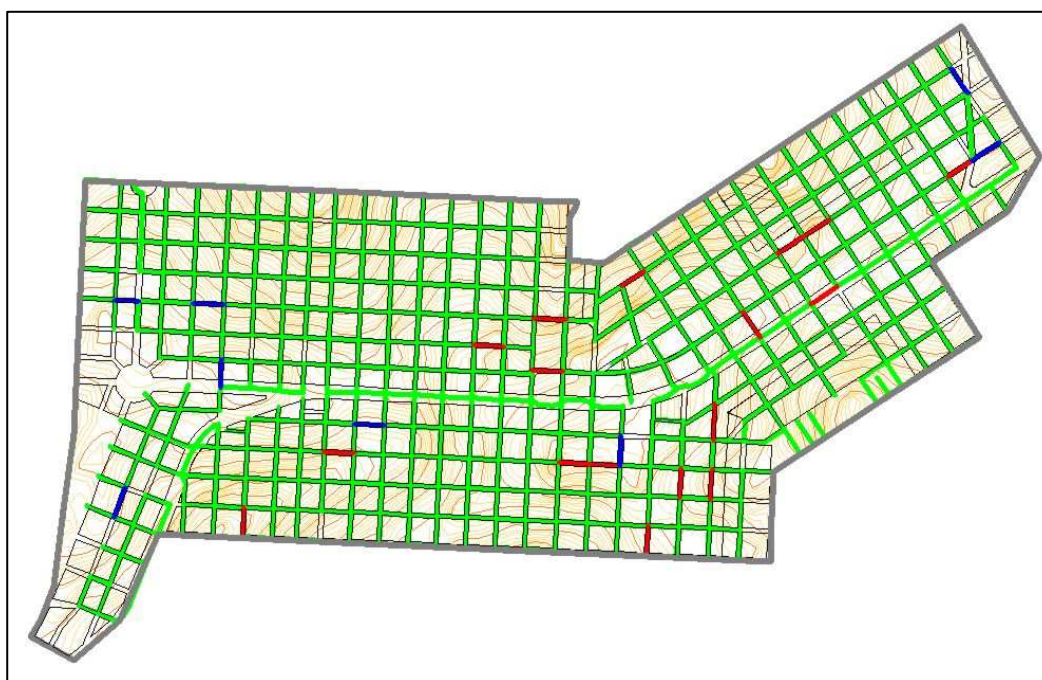


Figura 15 - Resultado da análise da re-amostragem vizinho mais próximo.

Após análise e comparação dos resultados, foi identificado que os dados da re-amostragem através da interpolação bilinear, representou com maior fidelidade a configuração das redes de esgoto existentes, com a obtenção de um erro no traçado das redes de 1%.

Para a re-amostragem com o interpolador bicubico foi identificado um erro de 2% no traçado das redes. Sendo que a re-amostragem pela interpolação vizinho mais próximo obteve o maior índice de erro, em comparação aos outros dois métodos, com aproximadamente 3% de inconformidade na configuração das redes existentes.

4. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos nesta pesquisa, tendo em vista o estudo de caso examinado, sobre a validação de dados SRTM para execução do traçado de redes de esgoto, permitem concluir que:

- Os dados SRTM obtidos do site: www.srtm.csi.cgiar.org demonstraram uma ótima qualidade de elevação.
- A utilização do *software Global Mapper v11.02* foi fundamental na manipulação, e geração das curvas de nível, obtendo-se um resultado muito satisfatório.
- Entre os três métodos de interpolação analisados, o que melhor representou o sentido do fluxo da rede de esgoto existente foi a re-amostragem bilinear, com uma taxa de erro de 1%, podendo ser utilizado como referência para estudo prévio e projeto básico de redes de esgoto.
- Considerando o resultado obtido para a re-amostragem bicúbico e vizinho mais próximo, é possível afirmar que estes métodos também podem ser utilizados em estudos para definição dos traçados de redes de esgoto.

5. REFERÊNCIAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas – **NBR 9648 – Estudo de Concepção de sistemas de esgoto sanitário** – Procedimento. Rio de Janeiro 5 p. 1986.

BRASIL, Lei nº 8.666, de 21 de junho de 1993, e alterações posteriores. Regulamenta o art. 37, inciso XXI, da Constituição Federal, institui normas para licitações e contratos da Administração Pública e dá outras providências. **Casa Civil**, Presidência da República do Brasil, Brasília, 1993.

CENTENO, J. A. S.; **Sensoriamento remoto e processamento de imagens digitais**. 1º edição. Curitiba: Departamento de Geomática; Universidade Federal do Paraná, 210 p, 2003.

CHAVES, F. T. **O uso do geoprocessamento para o planejamento de corredores de biodiversidade na bacia hidrográfica do rio Caraíva em um modelo de gestão compartilhada**. 2005. 49 f. Monografia (Especialização em Geoprocessamento) - Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2005.

FERREIRA JÚNIOR, F. B. **Mapeamento da cobertura do solo utilizando imagem Áster - usina hidroelétrica de Emborcação**. 2005. 31 f. Monografia (Especialização em Geoprocessamento) - Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2005.

JARVIS, A.; REUTER, H. I.; NELSON, A.; GUEVARA E.; 2008, **Hole-filled seamless SRTM data V4**, International Centre for Tropical Agriculture (CIAT), disponível em <http://srtm.csi.cgiar.org>. Acesso em: 08/06/2010.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, **SIDRA – Banco de Dados Agregado, Tabela nº 1359**, 2008. Disponível em: <http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/listabl.asp?z=t&c=1359>, acesso em: 20/06/2010.

KUPITZKI, C. **O uso de técnicas de geoprocessamento na quantificação de áreas de preservação permanente. “estudo comparativo da legislação federal e estadual na fazenda Volta Grande”**. 2009. 90 f. Monografia (Especialização em Geoprocessamento) - Departamento de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2009.

LANDIM, P. M. B.; MONTERIO, R. C.; CORSI, A. C. **Introdução à Confecção de Mapas pelo Software Surfer**. 29 p. Rio Claro: UNESP. 2002. (Texto Didático 08), Disponível em www.rc.unesp.br/igce/aplicada/DIDATICOS/LANDIM/Surfer.pdf. Acesso em 09/09/2010.

MANTELLI, L. R. **Análise do modelo de elevação do terreno com base em dados SRTM na região de Breves, Sudeste da Ilha do Marajó**. 2008. 145 f. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, INPE, São José dos Campos, 2008.

NAMIKAWA, L. M.; FELGUEIRAS, C. A.; MURA, J. C.; ROSIM, S.; LOPES, E. S. S. **Modelagem numérica de terreno e aplicações**. 142 p. São José dos Campos. INPE. 2003. Disponível em: <http://mtc-m12.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/marciana/2003/03.10.11.36/doc/publicacao.pdf>. Acesso em: 09/09/2010.

NAPOLEÃO, R. P. **Zoneamento ambiental como subsídio à gestão dos recursos hídricos na bacia hidrográfica do Rio Capivari (SP)**. 2003. 192 f. Dissertação (Mestrado em Geociência e Meio Ambiente) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2003.

NUVOLARI, A.; TELES, D. A.; RIBEIRO, J. T.; MIYASHITA, N. J.; ARAUJO, R. **Esgoto sanitário – Coleta, transporte, tratamento e reuso agrícola**. 1º edição. Editora: Edgard Blucher. São Paulo, 520 p, 2003.

PAIVA R. G.; SANTOS R. M.; GOMES M. F.; GONÇALVES JUNIOR F. A. A utilização de dados SRTM para análises ambientais: Elaboração de mapas de relevo do município de Maringá – Paraná – Brasil. XII Encontro de Geógrafos da América Latina, 2009. Montevideo, Uruguay. **Artigo**. Montevideo. Site: www.egal2009.easyplanners.info. Acesso em: 12/06/2010.

ROCHA, C. H. B. **Geoprocessamento: tecnologia transdisciplinar**, 3º edição. Juiz de Fora. Edição do Autor. 220 p. 2007.

TSUTIYA, M. T.; SOBRINHO, P. A. **Coleta e transporte de esgoto sanitário**, 2º edição. São Paulo-SP: Escola Politécnica da Universidade da São Paulo, Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária, 548 p., 2000.

SANTOS, C. A. M.; **O relevo e o sistema de afastamento e tratamento de esgoto da cidade de Marília-SP**. 2009. 201 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Estadual Paulista, UNESP, Presidente Prudente, 2009.

SOUZA, D. H. S. P.; **Metodologia para pós-processamento em modelos SRTM**. 2006. 84 f. Dissertação (Mestrado em Ciências em Engenharia Cartográfica) – Instituto Militar de Engenharia, IME, Rio de Janeiro, 2006.

SOUSA, C. J. S.; SILVA, M. M.; COSTA, K. S. P. Análise do modelo numérico de terreno do radar SRTM na área da folha SA.23-Z-D-I, Urbano Santos – MA. XIII Simpósio Nacional de Geografia Física Aplicada, 2009. Viçosa. **Artigo**. Viçosa. UFV - Universidade Federal de Viçosa, 2009. Site: www.geo.ufv.br/simposio. Acesso em: 10/06/2010.

SPERLING, M. V.; **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 2ª edição. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais, 243 p, 1996.

UMLAND, J; WERNER, M.; OSKIN, M.; BURBANK, D. **The Shuttle Radar Topography Mission**. NASA. Disponível em: http://www2.jpl.nasa.gov/srtm/SRTM_paper.pdf . Acesso em 08/09/2010.